

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-236762

(43)Date of publication of application : 09.09.1997

(51)Int.CI.

G02B 26/08
H01L 21/306

(21)Application number : 08-043603

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 29.02.1996

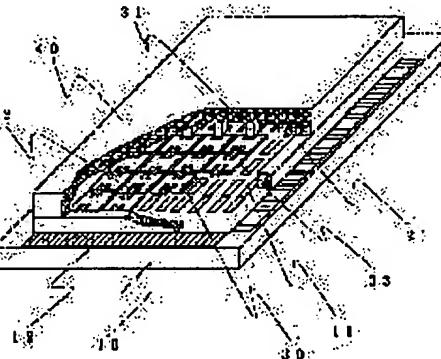
(72)Inventor : YOTSUYA SHINICHI

(54) SPATIAL LIGHT MODULATOR, ITS MANUFACTURING METHOD AND ELECTRONIC EQUIPMENT USING THE MODULATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify an animation gradation display by providing the Si substrate having circuit elements provided just below micromirrors at a prescribed interval and driving the micromirrors.

SOLUTION: Driving circuit which have SRAMs are formed in a Si substrate 10. Micromirrors 30 in which optical reflective film 33 are formed on the substrate 10 are formed at a prescribed interval under a glass substrate 40. On the surface of the substrate 10 just below the micromirrors 30, are set of two driving electrodes 11 are provided. A glass substrate supporting section 21 formed by an Si substrate is provided at the peripheral part of the substrate 40, and the micromirrors 30 and the substrate 10 are connected to each other at this part. This part determines the interval between the micromirrors 30 and the substrate 10. The micromirrors 30 are connected to two adjacent rising section 31 of the substrate 40 through torsion bars 32. By applying signals to the Si driving circuits, electric fields are generated between the electrodes 11 and the micromirrors 30 and the micromirrors 30 are tilted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-236762

(43)公開日 平成9年(1997)9月9日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 26/08
H 0 1 L 21/306

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 26/08
H 0 1 L 21/306

技術表示箇所

E
A

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全7頁)

(21)出願番号

特願平8-43603

(22)出願日

平成8年(1996)2月29日

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 四谷 真一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
エプソン株式会社内

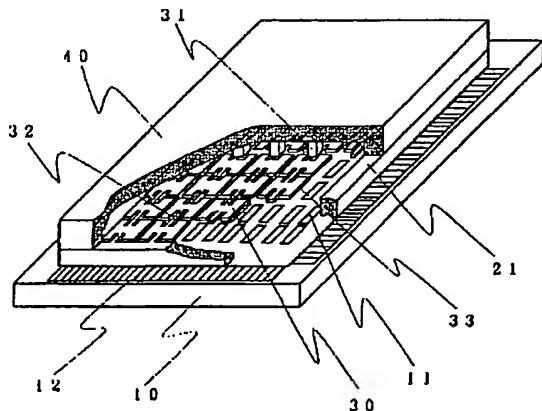
(74)代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54)【発明の名称】 空間光変調器およびその製造方法、並びにその空間光変調器を用いた電子機器

(57)【要約】

【解決手段】 マトリクス状に配列された複数の微小ミラー30を有した基板上に所定の間隔を隔てて微小ミラー30を駆動するための回路素子を備えたSi基板10が存在し、Si基板10はガラス基板40と接合されて、微小ミラー30とSi基板10は所定の配線がなされている。

【効果】 微小ミラーの直上に駆動回路とSRAMが存在するため、配線を非常に簡略化でき、階調表示が容易である。また、微小ミラーとSi駆動回路を別々に製造し最後に接合するため、歩留まりも非常に良好となる。また、制御回路と作像部が完全に分離して製造できるため、莫大な製造設備が必要な制御回路を有したSiウェハーの製造を外部企業に依頼して作製する事ができ、製造設備にかかるコストを大幅に抑える事が出来る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一ライン状又はマトリクス状に配列された複数の微小ミラーと、該微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーとを有し、該トーションバーは、ガラス基板下面の立ち上げ部に配置され、各々の微小ミラーはガラス基板支持部を介して直下にあるSi回路基板と配線されていて、該微小ミラーの直下に所定の間隔を隔てて微小ミラーを駆動するための回路素子を備えたSi基板が存在していることを特徴とする空間光変調器。

【請求項2】 前記微小ミラーがSiにより作製されていることを特徴とする請求項1記載の空間光変調器。

【請求項3】 (a) ガラス基板の所定の位置に微小ミラー、トーションバー及び該ガラス基板を支持するための立ち上げ部を形成し、(b) Si基板の片面に不純物を所定深さまで拡散させ、(c) 前記Si基板の所定部分にのみ不純物をさらに規定深さまで拡散させ、(d) 前記Si基板の不純物拡散面に光反射膜を堆積させ、(e) 前記Si基板の不純物拡散面と前記ガラス基板の立ち上げ部形成面を陽極接合法により接合し、(f) 接合したSi-ガラス接合基板を湿式エッティングによりエッティングを行い、前記Si基板を薄板化し、(g) 前記Si-ガラス接合基板の所定部を切断し、(h) 前記Si-ガラス接合基板のSi基板面に微小ミラー及びトーションバーを形成するためのパターニングを行い、乾式エッティング法により形成後、レジスト剥離を行い、(i) 微小ミラーを駆動するための回路素子を備えたSi基板と前記Si-ガラス接合基板の所定部分を接合し、前記回路素子を備えたSi基板に所定の配線を行うことを特徴とする空間光変調器の製造方法。

【請求項4】 前記微小ミラーを駆動するための回路素子を備えたSi基板と前記Si-ガラス接合基板の所定部分を接合する方法が、共晶接合法であることを特徴とする請求項3記載の空間光変調器の製造方法。

【請求項5】 前記微小ミラーを駆動するための回路素子を備えたSi基板と前記Si-ガラス接合基板の所定部分を接合する方法が、導電性接着法であることを特徴とする請求項3記載の空間光変調器の製造方法。

【請求項6】 前記微小ミラーを形成するためにSi基板中に拡散させた不純物元素が、ホウ素であることを特徴とする請求項3ないし5のいずれか記載の空間光変調器の製造方法。

【請求項7】 前記請求項1または2記載の空間光変調器を有することを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、微小ミラーを備えた空間光変調器及びその製造方法、並びにその空間光変調器を用いた電子機器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の空間光変調器は、特開平4-23

0722、5-188308、5-196880号公報等に開示されており、これらの改良構造が日経マイクロデバイス1994年3月号にDMD (Digital Micromirror Device) として開示されている。

【0003】この従来の空間光変調器は、図4に示すように、Si基板内に配置されたSRAM上に上層800、中間層810、及び下層830からなる3層構造を有している。

【0004】上層800は、ミラー802と、その中心部下面から連結されたミラー保持ポスト804を有する。このミラー802の製造プロセス上、ミラー保持ポスト804と対向する位置には凹部806が形成される。中間層810は、ミラー保持ポスト804と連結されるミラー保持板812が、両側のヒンジ814により傾斜駆動可能に支持されている。このミラー保持板812の傾斜駆動空間を確保するために、ヒンジ814は、その下面にヒンジ保持ポスト816を有している。この中間層810には、さらに、ヒンジ814を挟んだ両側に第1・第2のアドレス電極818・820を有し、それぞれ電極保持ポスト826に支持されている。さらに、その外側に、第1のミラー接触電極822と第2のミラー接触電極824を有し、それぞれ電極保持ポスト826に支持されている。下層830は、第1・第2のアドレス電極818・820の電極保持ポスト826が連結される4つの電極832a～832dと、第1・第2の接触電極822・824が連結される共通電極834を有している。

【0005】この空間光変調器は、SRAM上にレジストパターニング、アルミニウム蒸着し、アルミニウムエッティングを繰り返すことにより、3層構造を作り上げ、最後にドライエッティング技術によりレジストを剥離し、図4の様に駆動可能な素子として完成される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の従来技術においては、レジストの剥離残りが存在すると、それが可動部の動きを妨げ、空間光変調器としての機能を果たさなくなる。このため、このような空間光変調器の製造は、SRAMだけの歩留まりに、空間光変調器だけの歩留まりが累積されるので、非常に歩留まりが悪いという課題があった。

【0007】また、ミラー802の製造プロセス上、ミラー保持ポスト804と対向する位置には凹部806が形成されるため、開口率も低くなる等、画質についても課題があった。

【0008】一方、PROCEEDING OF THE IEEE, VOL. 70, No. 5, MAY 1982に掲載されているPETERSENの論文"Silicon as a Mechanical Material" の442ページ及び448ページの図39、

図40、図41に示すような構造の空間光変調器は、Si基板にミラー形状をフォトリソ工程及び結晶異方性エッ칭により形成し、一方Siと陽極接合可能なガラス基板にギャップをフォトリソ工程及び、ガラス湿式エッ칭工程により形成した後、電極金属膜をスパッタリング法により成膜後、フォトリソ工程により電極を形成する。その後、このSiミラーと、電極を形成したガラスは陽極接合法により接合され、所定の配線を行って製造を終える。

【0009】すなわち、工程が半導体製造技術でよく用いられるフォトリソ工程及びエッ칭工程とSiマイクロマシニングでよく用いられる陽極接合工程で構成されており、技術的に困難な工程がないため、非常に歩留まりはよくなる。

【0010】しかし、Si基板が切断・両面研磨により製造されているため、その厚みが最低200ミクロン程度までしか薄くできない。もし、これ以上薄くしようとするとSiウェハーが研磨中に割れてしまうからである。

【0011】従って、画素の微小ミラーも厚く、重くなり、慣性モーメントが大きくなつて高速応答、高解像度表示が出来ないという課題があった。

【0012】そこで、われわれは、このSiでできた空間光変調器の構成素子である微小ミラーの厚さを薄くして重さを小さくする方法を開発した。すなわち、Siに不純物を注入し、Siエッ칭を行うと不純物拡散層でエッチストップする現象を応用し、Siエッ칭により、拡散条件により厚さ0.5~5ミクロンの微小ミラーを作製することに成功した。そして、画素1個の1辺当たりの大きさが15ミクロンの微小ミラーが完成し、15マイクロ秒で動作出来る事を確認した。

【0013】しかし、プロセスの性格上、ガラス基板上に空間光変調器素子の微小ミラーを配列するために、駆動用のSi回路と空間光変調器素子とを結ぶ配線が離れており、階調表示や動画を表示するためには特開平7-131648号公報に示される様にパルス幅を変調する事が必要になり、信号とその信号を所定時間保持するSRAMが必要になるため非常に配線が複雑になり実現が難しくなるという課題も抱えている。

【0014】そこで、本発明の目的は、歩留まりが良く、動画階調表示が簡単な空間光変調器の構造とその製造方法、並びにその空間光変調器を用いた電子機器を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の方法は、ガラス基板に有した立ち上げ部の先端にSiで形成されたトーションバーが接続されており、このトーションバーを介してSiで形成された微小ミラーが接続されている。この構成の微小ミラーの直下に所定の間隔を隔てて微小ミラーを駆動するための回路素子を備えたSi基板が存在

し、微小ミラーの直下のSi基板の表面には2つ1組の駆動電極が存在する。この駆動電極の直下のSi基板内に駆動回路と信号保持するための情報を保存するSRAMが形成されている。Si基板は前記ガラス基板と接合されて、前記ガラス基板とSi基板は不純物を拡散したSiによって接合され、電気的に接続がなされている。この構成の空間光変調器を製造する事によって上記目的を達成できる。

【0016】すなわち、微小ミラー群の製造とSi駆動回路素子の製造を別々に行なう事が出来るため、歩留りが良く、また、ガラス基板側とSi駆動回路素子の製造ごとに別々に異物検査を行う事が出来るので品質管理も簡単である。

【0017】具体的な製造方法は、微小ミラーが完成した後、微小ミラーを駆動するための回路素子を備えたSi基板と前記ガラス基板を接合し、ガラス基板のガラス基板支持部が不純物をドープしたSiとSi基板の回路とを接合し、電気的に接続し、動画階調表示制御が容易な空間光変調器が得られる。

【0018】この回路素子を備えたSi基板と微小ミラーを有した前記ガラス基板を別々に製造し、品質管理を行なった後、接合する事により非常に高歩留りの空間光変調器を作製できる。

【0019】また、階調表示をするためのパルス幅を変調する制御回路と、その信号と、その信号を所定時間保持するSRAMが直上に存在するため、非常に配線が簡略化され配線が容易となる。これにより、動画及び階調表示が容易な空間光変調器が容易に製造できる事となる。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の空間光変調器とその製造方法の実施例について、図面を参照して説明する。

【0021】図1は本発明の空間光変調器の一実施例の構造図である。同図において、SRAMを有した駆動回路をSi基板10に作製した。このSi基板10の直上に光反射膜33を付与された微小ミラー30が、所定の間隔を介して、ガラス基板40の下に作製されている。ガラス基板40は、光反射膜33を付与された微小ミラー30と対向している。

【0022】微小ミラー30の直下のSi基板10の表面には、2つ1組の駆動電極11が存在する。この駆動電極11の直下のSi基板10内に、駆動回路と信号保持するための情報を保存するSRAMが形成されている。駆動回路を有したSi基板10の表面の周囲には、外部からの画像信号を受けるための端子部12が存在し、ガラス基板40の外に露出している。

【0023】ガラス基板40には、Si基板で形成されたガラス基板支持部21が外周部に存在しており、この部分で微小ミラー30とSi基板10と接合されている。また、この部分は微小ミラー30とSi基板10の

電極とのギャップ間隔を決定する重要な部分でもある。つまり、微小ミラー30に掛かる駆動トルク及び偏光角はこのガラス基板支持部21の厚さによって調節される。

【0024】微小ミラー30は、ガラス基板40の隣合う2個の立ち上げ部31にトーションバー32を介して接続されている。立ち上げ部31は、ガラス基板40のエッチングにより形成されている。

【0025】微小ミラー30の表面には、光反射膜33が成膜されている。具体的な光反射膜としては、可視光域波長の光において反射率の高いAl及びAgが適している。個々の微小ミラー30は、非常に電気電導性のよい不純物を拡散させたSiで形成され連通しており、ガラス基板支持部21を経由して、Si駆動回路の所定部分に連結されている。

【0026】こうして、Si駆動回路に信号を与えると、駆動電極11と微小ミラー30間に電界が生じて、微小ミラー30を傾けさせる事が出来る。

【0027】この変位は、斜め右上から入射した光を、図2(a)のごとく、斜め右上に跳ね返す場合と、図2(b)のごとく、斜め左下に跳ね返す場合の2通りの反

$$\text{偏光角} = \text{ASN} (2 \times \text{ギャップ厚み} / \text{微小ミラー1辺の長さ}) \dots \text{式1}$$

で計算できる事から、ギャップ厚みは

$$\text{ギャップ厚み} = \text{微小ミラー1辺の長さ} \times \text{SIN}(\text{偏光角}) / 2 \dots \text{式2}$$

であり、立ち上げ部31はこれより高くする必要がある。

【0032】今回試作した空間光変調器の寸法は

微小ミラー1辺の長さ	； 16ミクロン
微小ミラー厚み	； 1ミクロン
偏光角	； 10 (deg.)

であり、式2より、ギャップ厚みは1.4ミクロンとなる。そこで立ち上げ部31の高さは2ミクロンとした。この立ち上げ部31の高さはエッチング時間で調節した。

【0033】次に、微小ミラー30及びトーションバー32及びガラス支持部21を形成するためのSi基板20に不純物をドープする。

【0034】この不純物は、Siのアルカリ水溶液エッチングにおいて、エッチストップ効果が得られ、非常に薄く正確な板厚を必要とする微小ミラーの作製において必要な技術である。この不純物の拡散深さが、微小ミラー30の厚みを決定する重要な因子となる。具体的には不純物はホウ素であり、その化合物であるB₂O₃を有機溶剤中に混ぜた物をポロンドープ材として使用する。例えば、東京応化(株)のPBFを用いる事が出来る。この時、ポロンドープ材の膜厚はSi基板20のスピンド回転条件及びポロンドープ材の粘土に依存して調整出来る。

【0035】本実施例では、ポロンドープ材の粘土を50~100cpとし、スピンド回転条件を変化させる事

射が出来る。図2(a)の場合は、駆動電極11と微小ミラー30の間に電圧を印加することにより、また、図2(b)の場合は、図2(a)で説明した駆動電極11と反対側に存在する駆動電極11と微小ミラー30の間に電圧を印加することにより実現される。この反射のうち、図2(b)の場合に、光路の先に投影レンズを設けることによってプロジェクターを作る事が出来る。

【0028】以上、本発明の空間光変調器の構造について説明したが、次に、本発明の空間光変調器の製造方法について説明する。

【0029】図3は、本発明の空間光変調器の製造方法を示す一実施例の断面図である。この図に従って、製造方法を説明する。

【0030】まず、ホウケイ酸を主成分とするガラス基板40に、フォトリソ工程によってレジストパターニング及びガラスのウェットエッチングを行うことにより、(a)のごとく立ち上げ部31を形成する。この時のエッチング深さは、微小ミラー30の偏光角を規制してはならないので、ギャップ厚みより高くする必要がある。

【0031】ここで、偏光角は

で、ポロンドープ材の膜厚を0.5~5.0ミクロンの範囲で変化させる事が出来た。

【0036】このポロンドープ剤のスピンド回転後、加熱炉にて100~180°Cで20~40分間加熱し、ポロンドープ材中の溶剤を蒸発させると良い。本実施例では、140°Cにて30分間加熱を行った。さらに、400~800°Cの酸素雰囲気炉で1~2時間焼成し、バインダーを除去する。本実施例では、600°Cで1時間の焼成を行った。その後の熱拡散工程は、窒素雰囲気中で800~1200°Cで4時間から10時間かけて熱拡散が行われる。本実施例では1100°Cにて5時間熱拡散工程を実施した。

【0037】この結果、図3の(b)に示すようにポロンドープ材のボロンがシリコン基板20の内部に熱拡散され、1ミクロンのポロンドープ層29が形成できた。

【0038】この熱拡散工程での温度及び処理時間を変化させる事により、ポロンドープ層29の厚さを変化させる事が出来る。

【0039】本実施例では不純物元素は具体的にホウ素を取り上げて説明したが、後のエッチングによるSiウエハーのエッチングにおいて、エッチストップ効果が得られる不純物なら何でも良い。特に、代表的なものとしてホウ素が挙げられるが、それ以外には砒素・リン等が挙げられる。

【0040】さらに、Si基板20に熱酸化工程により0.2ミクロンの酸化膜28を形成し、ガラス支持部2

1を形成すべき所定の場所をフォトリソ工程及び酸化膜エッチング工程により、ガラス支持部パターン27としてバーニングする(図3(c))。

【0041】次に、もう一度ボロンドープを行い、ガラス支持部パターン27のみ、さらに深くボロンを拡散させる(図3(d))。このとき、酸化膜28は拡散物の遮断膜の役目をはたしており、酸化膜28の存在するところはその上に拡散物が存在していても拡散は起こらない。そのため、酸化膜28をマスク材としてボロンの選択的なドープが可能になる。この時ガラス支持部ドープ層26とボロンドープ層29の間には、

ギャップ厚み=(ガラス支持部ドープ層26)-(ボロンドープ層29)

の関係がありギャップ厚みが1.4ミクロン必要ならば、ガラス支持部ドープ層26の拡散厚みは上記式より2.4ミクロン必要である。

【0042】このガラス支持部のドープの後、酸化膜28をフッ酸により除去し、ボロンドープ面に光反射率向上の観点から光反射膜33を成膜する。具体的にはA1を蒸着法により成膜した(図3(e))。

【0043】次に、図3(a)の工程で作製したガラス基板40のエッチング面とSi基板20を陽極接合法により接合する。陽極接合法とは、150~400°Cの範囲で加熱して、Si基板20にプラス極を、ガラス基板40にマイナス極を取付け、100~1000Vの電圧を印加すると接着剤なしで接合できる方法である。この他にも接合できる部材としてA1、Mo、Ni、Cr等の金属とホウケイ酸を主成分とするガラス基板の接合が出来る。そのため、光反射膜のA1をSi基板20とガラス基板40の間に挟んでも接合ができるのである。具体的な接合条件として、250°Cに加熱したホットプレート上で電圧を500V印加し接合を行った(図3(f))。

【0044】次に、Si基板20とガラス基板40の接合体を、80°Cに加熱したKOH水溶液に浸漬しSiをエッチングし、ガラス支持部21及び微小ミラー30及びトーションバー32となるべきSi薄膜部25を形成した(図3(g))。

【0045】その後、ダイシング装置により、Si基板20とガラス基板40の接合体を所定の大きさに切断した。さらに、Si基板20とガラス基板40の接合体のSi薄膜25に、微小ミラー30及びトーションバー32を形成するためにレジストバーニングし、ドライエッチングによりエッチングした後、乾式レジスト剥離を行った(図3(h))。この工程は、乾式エッチング工程及び乾式レジスト剥離工程にすることにより、レジストの剥離かすの付着やオーバーハング部のレジスト残り、乾燥じみ等のウェットの課題を避けるためである。

【0046】さらに、空間光変調器の駆動回路を備えたSi基板10とSi基板20とガラス基板40の接合体

を陽極接合して、図3(i)の構造を得る。この時、ガラス基板支持部21とSi駆動回路の所定部分が連結される様に正確に位置決めされてから接合する。

【0047】この時の接合法は、駆動回路のパッド部にAuめっきを施し、AuとSiが320°C前後で共晶を起こし接合される事を利用して接合した。この方法を利用する事により、接着剤等の塗布むらによるギャップ寸法の狂いもなく高いギャップ精度が得られる。また、スピンドルコートを利用して部分的に均一な膜厚で塗布できる導電性接着材を利用しても良い。

【0048】これを、図3(i)の一点鎖線の部分でダイシング切断することにより、個々の空間光変調器素子に分割される。

【0049】最後に、駆動回路を備えたSi基板10の端子部12に所定の配線を行って空間光変調器の製造は終了する。

【0050】以上、製造方法の実施例として、微小ミラーはSiで作成する場合を用いて説明した。しかし、微小ミラーはSiだけで製造されるのではなく特開平4-30722号公報に示されるように、金属膜の蒸着及びエッチングとレジストバーニングを併用して製造しても良い。

【0051】具体的には、まず、ガラス基板の所定の位置に微小ミラー及びトーションバーを支持するための立ち上げ部をレジストバーニングする。そして、そのガラス基板に金属膜を堆積し、微小ミラー、トーションバー及びガラス基板支持部のバーニング及び金属膜エッチングを行い、微小ミラー・トーションバー及びガラス基板支持部を形成する。次に、そのガラス基板のレジストパターンで、ガラス基板支持部のみのレジストをフォトリソグラフィにより除去し、ガラス基板に金属膜を所定膜厚堆積する。そのガラス基板にガラス基板支持部をバーニングおよび金属膜エッチングを行いガラス基板支持部を形成する。

【0052】さらに、そのガラス基板の所定部を切断し、レジスト剥離を行い、微小ミラーを駆動するための回路素子を備えたSi基板と前記ガラス基板の所定部分を接合し、前記回路素子を備えたSi基板に所定の配線を行って製造できる。

【0053】

【発明の効果】以上のようにして作製された空間光変調器は、歩留まりも非常に高く、これを組み込んだプロジェクターは、動画も鮮やかに再生され、良好な動画階調表示が実現できた。

【0054】また、本発明の製造方法の特徴として、制御回路と作像部を完全に分離して製造できる事もあげられる。このため、莫大な製造設備が必要な制御回路を有したSiウェハーの製造を外部企業に依頼して作製する事ができ、製造設備にかかるコストを大幅に抑える事が出来るという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の空間光変調器の構造を示す分解斜視図である。

【図2】本発明の一実施例の空間光変調器の微小ミラーの動きを説明する図である。

【図3】本発明の一実施例の空間光変調器の製造方法を示す製造工程説明図である。

【図4】従来の空間光変調器の構造を示す製造工程説明図である。

【符号の説明】

10 駆動回路を形成したSi基板

11 駆動電極

12 端子部

20 Si基板

21 ガラス基板支持部

25 薄膜シリコン基板

26 ガラス支持部ドープ層

27 ガラス支持部パターン

28 シリコン酸化膜

29 ボロンドープ層

30 微小ミラー

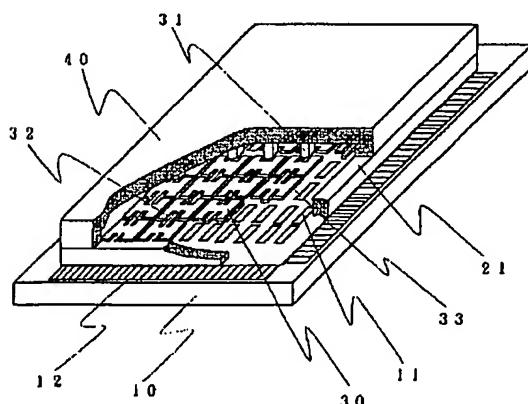
31 立ち上げ部

32 トーションバー

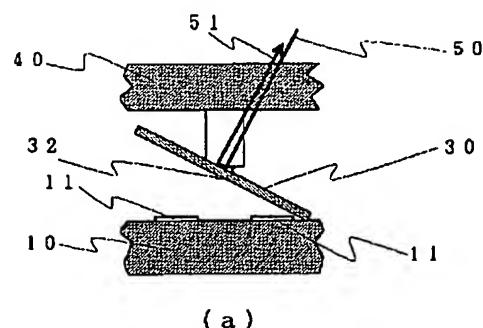
33 光反射膜

40 ガラス基板

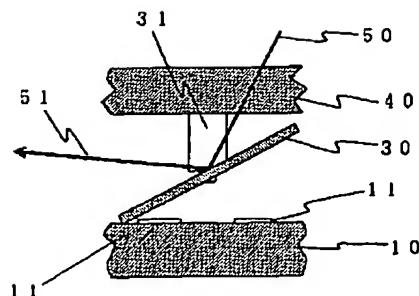
【図1】



【図2】



(a)



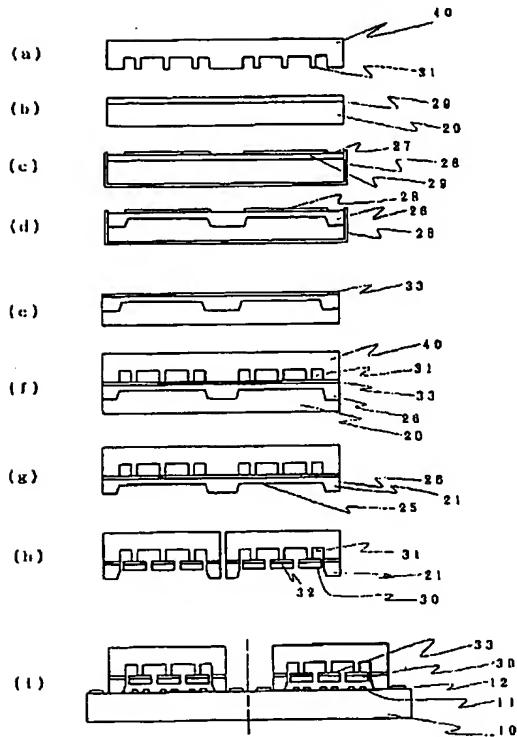
(b)

BEST AVAILABLE COPY

(7)

特開平9-236762

【図3】



【図4】

